Aus dem Hygienischen Institut der Universität Tübingen.
Vorstand Prof. Dr. Kurt Wolf.

Die Radio-Aktivität der Tübinger Quellen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

einer Hohen Medizinischen Fakultät

der Eberhard-Karls-Universität

zu Tübingen.

Vorgelegt von

Lucy Jansen

aus New-York.

Druck der Buchdruckerei Eugen Göbel in Tübingen

1929.

Dekan: Prof. Dr. Oertel.

Referent: Prof. Dr. Wolf.

Zum Druck genehmigt von der Medizinischen Fakultät Tübingen.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Radio-Aktivität der Tübinger Quellen.

Radioaktivität in geringen Mengen ist eine Eigenschaft sämtlicher Quell- und Grundwässer, da sich radioaktive Stoffe sozusagen überall, wenn auch in sehr geringen Mengen in der Erdkruste befinden. In den weitaus meisten Fällen handelt es sich um Ra.-Emanation, selten um Thor-Emanation.

Die Stärke der Radioaktivität ist deutlich abhängig von den geologischen Verhältnissen, Quellen aus Eruptivgestein sind im allgemeinen stärker aktiv als Quellen aus Sedimenten. Dies ist nur natürlich, da im allgemeinen die Eruptivgesteine aktiver sind als die Sedimente. Von den Eruptivgesteinen sind wieder die Granite, Syenite und Porphyre die aktivsten, von den Sedimenten hingegen sind die reinen Quarzsande, die reinen Kalke, Gips und Anhydrit fast ganz inaktiv. Die radioaktiven Kräfte kommen nicht dem Gestein als solchem zu, sondern vor allem den Elementen Uranium und Thorium.

Diese sind nach W a t e r s vorzugsweise in einzelnen, der Gesteinsmasse beigemengten Mineralien, z. B. Zirkon, Titan-Mineralien, Apatit, Allanit, Anatas, Rutil enthalten. Mit der Verteilung dieser Mineralien schwankt daher auch die Radioaktivität der Gesteine in weitesten Grenzen.

Der Schwarzwald z. B. besteht hauptsächlich aus Eruptivgestein (Granit, Porphyr, Gneis), das nur teilweise von Buntsandstein überlagert ist. Über das ganze Gebiet sind denn auch emanationshaltige Quellen, mit ± großem Emanationsgehalt, ziemlich gleichmäßig verteilt, wie die Untersuchungen von E n g l e r und S i e v e k i n g und L a u t e n s c h l a g e r ergeben haben.

Hier in Tübingen und der näheren Umgebung haben wir alles Sedimente, hauptsächlich Schichten von Stubensandstein und Mergel. Die Aktivität der Sedimente wird ausschließlich bedingt durch den Gehalt seines Ausgangsmaterials an radioaktiver Materie. Unser Sandstein stammt nun vor allem aus dem Schwarzwald. Der südliche Schwarzwald wird z. T. durch den Neckar entwässert und dieser hat den Buntsandstein dort abgetragen und hier wieder abgelagert. Das Ausgangsmaterial unseres Sandsteins ist also das ziemlich stark radioaktive Eruptivgestein des Schwarzwaldes. Nach K o l h ö r s t e r soll das verwitterte Gestein nur etwa 10% der Aktivität des festen Gesteins haben, andere Forscher hingegen

fanden sogar Zunahme der Aktivität durch die Verwitterung. Die Verhältnisse wechseln offenbar von Fall zu Fall in weiten Grenzen. Dies mag denn auch, wenigstens zum Teil, die Ursache sein, daß unsere Tübinger Quellen, obwohl sie fast alle aus der gleichen Schicht des Stubensandsteins stammen, in ihrem Emanationsgehalt ziemlich stark variieren.

Natürlich ist eine Bestimmung der Gesteinsart, aus der die Quelle kommt, stets mit einer gewissen Unsicherheit verknüpft. Wenn z. B. eine Quelle im Buntsandstein zutage tritt, so kann das Wasser recht wohl darunter liegenden Eruptivgesteinen entstammen und selbst wenn wir die Schichten kennen, in denen das Wasser gebildet wird, so ist damit noch gar nicht gesagt, daß auch die radioaktiven Substanzen aus diesen Schichten stammen. Sie können beim Durchfließen höherer Schichten aus diesen aufgenommen werden.

Die am stärksten aktiven Quellen sind meist Heilquellen, dagegen sind durchaus nicht alle Heilquellen aktiv, manche haben sogar eine auffallend geringe Aktivität (Karlsbad Sprudel, Sprudel zu Bad Nauheim etc.).

Viele radioaktive Quellen befördern auch, allerdings sehr geringe Mengen, feste radioaktive Substanzen an die Erdoberfläche, die sich dann im Quellschlamm niederschlagen (Baden-Baden: Friedrichsquelle, Bad Kreuznach etc.). Einige Sinter zeigen ausgesprochene Thoraktivität.

Bevor ich zu den Tübinger Quellen übergehe, möchte ich kurz einige geschichtliche Bemerkungen machen:

1896 entdeckte Becquerel in Paris, daß von Uransalzen spontan Strahlen ausgesandt werden, deren Eigenschaften den von Röntgen entdeckten X-Strahlen gleichen. Zwei Jahre darauf fanden G. C. Schmidt und Frau Curie gleichzeitig, daß ähnliche Strahlen vom Thorium und seinen Verbindungen ausgehen. Bald darauf stellte das Ehepaar Curie aus Joachimspechblende 2 hochaktive Substanzen dar, sie nannten sie Polonium und Radium. In den nächsten Jahren folgten rasch aufeinander die Entdeckungen anderer radioaktiver Substanzen: Actinium, Mesothorium, Radiothorium und Jonium. Schon die Curies vermuteten, daß Radium ein neues Element sei, 1899 bestätigte Demarcay dies durch den Nachweis der Spektrallinien. Im gleichen Jahr machte Rutherford die Beobachtung, daß Luft, die über Thoriumsalze geleitet wird, temporär radioaktiv wird. Er nahm an, daß von den Thoriumsalzen ein radioaktives Gas abgegeben würde, das er Emanation nannte. Zur gleichen Zeit fand das Ehepaar Curie, daß feste Körper, die mit einem Radiumsalz in einem Raum eingeschlossen werden, vorübergehend radioaktiv werden. Sie nannten dieses, den Körpern temporär mitgeteilte Strahlungsvermögen,

induzierte Radioaktivität. Der Zusammenhang beider Beobachtungsreihen wurde darin erkannt, daß die vom Radium abgegebene Emanation in weitere radioaktive und zwar feste Körper von kurzer Lebensdauer zerfällt, die sich auf der Oberfläche der in der Umgebung befindlichen Körper niederschlagen. Bereits 1902 fanden diese neuartigen Beobachtungen eine Erklärung in der Zerfallstheorie von Rutherford und Soody und Royas u. a. Diese Forscher nahmen an, daß die hochatomigen radioaktiven Elemente sich durch die Strahlung in Elemente von niedrigerem Atomgewicht umwandeln und vermuteten, daß der bei dem stufenweisen Zerfall abgegebene Körper Helium sei. Bewiesen wurde es später durch Ramsay und Soody.

Die Erkenntnis der Bedeutung der Radioaktivität für die Biologie beginnt mit der 1900 gemachten Beobachtung Walkooffs und Giesels, daß starke Substanzen durch ihre Strahlung auf der Haut Geschwüre erzeugen, die den Röntgengeschwüren sehr ähnlich sind. Ein besonderes biologisches und vor allem medizinisches Interesse erweckte die Beobachtung, daß junge, zellreiche Gewebe gegen diese Strahlen besonders empfindlich seien. Nun erschienen in rascher Reihenfolge experimentelle und klinische Arbeiten über die Wirkung der Bestrahlung auf verschiedene Gewebsarten, besonders auf das Karzinom.

In ganz anderer Weise wurde die Entdeckung der Radioaktivität für die Balneologie wichtig. 1902 fand Pocchettino, daß das Wasser schwach radioaktiv sei, und Elster und Geitel stellten das gleiche für die atmosphärische Luft fest und wiesen zugleich einen besonders hohen Aktivitätsgehalt der Grundwässer nach. Daraufhin angestellte systematische Untersuchungen der Quellwässer, Quellgase und Quellsedimente brachten die überraschende Entdeckung, daß viele altbewährte Heilquellen einen hohen Aktivitätsgehalt aufweisen. Von den Untersuchern sind besonders zu nennen: Thomson, Adams, P. Curie, A. Laborde, Elster und Geitel, Mache und Meyer, August Hermann, Engler und Sieveking. Damit kam man auf den Gedanken, daß die bisher unerklärliche Heilwirkung mancher Quellen wenigstens zum Teil auf ihrem Gehalt an Radiumemanation oder an anderen radioaktiven Substanzen beruhen könnte.

1904 machte v. Neusser den Versuch, künstlich aktiviertes Badewasser zur Behandlung innerer Krankheiten zu verwenden. Auf der Hisschen Klinik-Berlin wurde von Gudzent und Loewenthal ein Emanatorium eingerichtet und später auch in der v. Noordenschen Klinik-Wien von W. Falter.

Nun noch einiges über die Technik. Für die quantitative Bestimmung dient die Eigenschaft der Radiumemanation Gase zu ionisieren und so elektrisch geladene Körper zu entladen. Die

Menge der gebildeten Ionen und damit auch die abfließende Strommenge ist direkt proportional der Emanation.

Als Maßeinheit für die Emanation wird heute allgemein 1 Curie angenommen, d. h. das Emanationsquantum, das mit 1 g Radiumelement im Gleichgewicht steht. Sein Stromäquivalent beträgt 2 750 000 elektrostatische Einheiten = 0,9 Milliampère. Der 1000. Teil heißt eine Millicurie. Das Curie ist also eine Mengeneinheit. Für die zu Heilzwecken verwendeten Emanationsmengen ist die E.S.E. meist ein echter Bruch, deshalb hat der Wiener Physiker M a c h e vorgeschlagen, mit 1000 zu multiplizieren und außerdem die Emanationsmenge auf 1 Liter zu beziehen: Mache-Einheit. Man versteht also darunter die Emanationsmenge, die allein, ohne ihre Zerfallsprodukte, bei vollständiger Ausnutzung ihrer Strahlung einen Sättigungsstrom von $\frac{1}{1000}$ E.S.E. zu unterhalten vermag. Diese Einheit ist eine Konzentrationseinheit, stets auf 1 Liter zu beziehen und nur da anzuwenden, wo es sich um einen akzessorischen Emanationsgehalt handelt, wie in Quellwässern und Quellgasen.

Das gebräuchlichste elektrometrische Meßinstrument ist das Elektroskop. Es besteht aus zwei Teilen, dem eigentlichen Meßinstrument und dem Ionisationsraum. Ersteres besteht hauptsächlich aus einem Metallstab mit zwei Aluminiumblättchen und Isolierung. Wird der Metallstab elektrisch geladen, so spreizen sich die Blättchen und bleiben in einer Lage stehen, die ein Maß für die Menge der mitgeteilten Elektrizität angibt.

Da die Isolierung nie vollkommen ist und auch die Luft wegen geringer Ionisierung etwas leitet (in der atmosphärischen Luft sind ja immer Spuren von Radioaktivität), fallen die Blättchen allmählich wieder zusammen, dies nennt man den Normalabfall.

Die einfachste Form des Ionisationsraumes sind 2 parallele Metallplatten, von denen die eine mit dem Elektroskop verbunden, die andere zur Erde abgeleitet ist. Wird der Raum zwischen den beiden Metallplatten durch radioaktive Strahlung ionisiert, so fließt der elektrische Strom vom Elektroskop durch den Ionisationsraum zur Erde. Durch die Ionisation ist ein Luftmolekül in zwei entgegengesetzt geladene Ionen gespalten, Infolge der elektrischen Ladung der Metallplatten wandert das + Ion zum — Pol und das — Ion zum + Pol. Ist die Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen gering, so werden sie sich z. T. untereinander wieder vereinigen. Diese Wiedervereinigung der Ionen würde Messungsfehler bedingen. Durch Erhöhung der elektrischen Spannung wird die Ionengeschwindigkeit so sehr gesteigert, daß keine Wiedervereinigung mehr zustande kommt. Die jetzt durchfließende Strommenge nennt man Sättigungsstrom. Einige gebräuchliche Instrumente sind:

1. das Elektroskop von Schmidt,
2. das Elektroskop von Elster und Geitel,
3. das Wulfsche Elektrometer.

Das Elektroskop von Elster und Geitel hat sich in der Heilkunde am meisten eingebürgert, es entspricht am besten den Anforderungen, die an Messungen für medizinische Zwecke zu stellen sind. Es ist verschiedentlich etwas abgeändert worden und ist in vier verschiedenen Anordnungen vorhanden:

1. das Fontaktoskop nach Engler und Sieveking,
2. nach Loewenthal,
3. nach Mache und Meyer,
4. nach Loewenthal und Kohlrausch.

Im Hygienischen Institut Tübingen wird das Fontaktoskop nach Engler und Sieveking benützt. Sein Hauptbestandteil ist ein empfindliches Elektroskop nach Elster und Geitel, an Stelle der geerdeten Platte haben wir eine Kanne von 10 Liter Inhalt. Dieser stellt den Ionisationsraum dar. An Stelle der zweiten Platte haben wir einen Zylinder, der, mit dem Elektroskop durch Bajonettverschluß verbunden, frei in der Kanne hängt.

Vor Beginn der Messung wird der Normalabfall bestimmt d. h. der Voltabfall, der auftritt, wenn in der gut ausgespülten Kanne normale Zimmerluft, noch besser Gartenluft, vorhanden ist. Der Verlust darf nicht mehr wie 20 Volt in der Stunde betragen.

Bei der Entnahme des zu untersuchenden Wassers soll vorsichtig verfahren werden. Das Entnahmegefäß wird mit Wasser aus der Quelle vorgespült. Das Wasser soll langsam an den Wänden des Gefäßes herabfließen. Bei schwacher Radioaktivität wird 1 Liter genommen. Bei stärkerer würde ½ bis ¼ Liter genügen, da sonst der Voltabfall zu plötzlich vor sich ginge.

Die Kanne wird exakt mit dem großen Kautschukstopfen geschlossen und ½ Minute sehr energisch geschüttelt. Dadurch wird die gasförmige Emanation aus dem Wasser ausgetrieben und erteilt der Luft in der Kanne eine erhöhte Leitfähigkeit. Nun wird der Kautschukstopfen entfernt, das Elektroskop mit daran hängendem Zylinder aufgesetzt und geladen, und zwar immer auf den gleichen Wert von etwa 30 Skalenteilen. Schließlich wird mit der Stoppuhr genau verglichen, wie schnell die Spannung der Blättchen abfällt. Der beobachtete Abfall wird umgerechnet auf 1 Stunde. Vom Resultat ist der Normalabfall abzuziehen. Die Umrechnung in Mache-Einheiten erfolgt in der Weise, daß der pro Liter und Stunde gefundene Voltabfall $a\,V$ in die Formel

$$R = \frac{a\,V\,C}{300 \cdot 3600} \cdot 1000$$ eingesetzt wird.

C bedeutet die Kapazität des Apparates. Diese ist für den Apparat des Hygienischen Instituts 15,8. Es wird durch 3600 dividiert, um die Stunden in Sekunden, durch 300, um die Volt in E.S.E., und mit 1000 multipliziert, um diese wieder in M a c h e - Einheiten zu verwandeln.

Bei dieser Methode wird nicht nur die Wirkung der Emanation, sondern auch die ionisierende Wirkung der Zerfallsprodukte beobachtet. Nach etwa 3 Stunden sind diese kurzlebigen Produkte (Radium A, B und C) im Gleichgewicht. (Das heißt, es wird in der Zeiteinheit gleich viel gebildet, wie wieder zerfällt.) Soll der Betrag erhalten werden, den die Emanation an der Zerstreuung allein hat, so muß dieses Gleichgewicht abgewartet werden, aber für medizinische Zwecke ist ja die Gesamtaktivität wichtig, einerlei, ob sie von Radium A, C oder von der Emanation stammt.

Ich möchte an einem Beispiel den Gang einer Untersuchung zeigen und zwar handelt es sich dabei um Wasser aus dem Tübinger Schloßbrunnen, der von einer Quelle am Helmling gespeist wird, das ist die kleine Schlucht vor dem Schwärzlocherwald.

Vorversuch (Gartenluft):

3^{25}	30,4	Skalenteile	= 223,7 Volt
3^{55}	29,6	„	= 220,2 „
	Abfall in ½ Std. = 3,5 Volt		
	„ „ 1 „ = 7,0 „		= Normalabfall.

Hauptversuch (1 Liter Quellwasser):

4^{32}	29,6	Skalenteile	= 220,2 Volt
4^{39}	18,3	„	= 157,1 „
	Abfall in 7 Min. 63,1 Volt		= 540,857 V/std.

540,857
7,5 Normalabfall
533,857 V/std.

$$R = \frac{533{,}857 \cdot 15{,}8}{300 \cdot 3600} \cdot 1000 = 7{,}810 \text{ M.E.}$$

Ich habe das Wasser von jedem Brunnen 3mal untersucht und das Mittel genommen. Die einzelnen Ergebnisse wichen nur sehr wenig voneinander ab. —

In Tübingen gibt es eine Anzahl laufender Brunnen, die von alters her von Quellen, die sich außerhalb der Stadt befinden, gespeist werden. Das Leitungswasser hingegen ist Grundwasser, das auf der rechten Talseite des Neckars, unterhalb des Güterbahnhofs, in der sogenannten Aue gewonnen wird.

Wasser Nr. 1.

Die laufenden Brunnen auf dem Marktplatz, auf dem Holzmarkt, in der Lange Straße am Konvikt, und im Botanischen Garten werden gemeinsam aus vier Quellen gespeist:

die erste entspringt an der Thaessisklinge (unterhalb vom Exerzierplatz),

die zweite am Heuland (direkt unter dem Tropengenesungsheim),

die dritte am Iglersloh (ewas unter der zweiten),

die vierte am Käspersloch (ungefähr in der Mitte der Nordabhanges des Österbergs).

Die drei ersten Quellen stammen aus Schichten von rhätischem Sandstein, Mergel und Stubensandstein, die vierte Quelle aus Stubensandstein und tonhaltigem Mergel.

Ich habe das Wasser der Österbergquelle (Käspersloch) allein untersucht und dann das Wasser aller vier Quellen zusammen, und zwar am Brunnen beim Konvikt. Das Wasser am Käspersloch hat 1,087 M.E. Es ist dies nicht nur die geringste Radioaktivität sämtlicler Quellen Tübingens, sondern es steht sogar noch hinter dem Leitungswasser zurück. Das Wasser am Konviktbrunnen hat über den doppelten Emanationsgehalt, nämlich: 2,425 M.E. Da die Käsperslochquelle nur sehr schwach fließt, wird die Aktivität des Brunnenwassers nur sehr wenig durch sie beeinträchtigt. Der Brunnen auf dem Markt hat 2,72 M.E.

Wasser Nr. 2.

Diese Quelle entspringt ungefähr in der Mitte des Südabhanges des Österberges, hinter dem ehemaligen Felsenkeller, und hat mit seinen 10,063 M.E. die höchste Aktivität sämtlicher Tübinger Wässer. Der Brunnen an der Gartenstraße beim Café Bechtle und der sog. Nymphenbrunnen an der Neckarbrücke werden durch diese Quelle versorgt.

Ich habe das Wasser dieser beiden Brunnen jedes für sich untersucht, es besteht kein nennenswerter Unterschied zwischen beiden. Die hohe Aktivität dieser Quelle ist etwas überraschend, da geologisch kein wesentlicher Unterschied zwischen Nord- und Südabhang des Österberges besteht und am Nordabhang die bereits erwähnte Käsperslochquelle, mit ihrem an Emanation ärmsten Wasser Tübingens, entspringt. Die Erklärung dürfte, wenigstens zum Teil, darin zu sehen sein, daß die Quelle des Nordabhanges eine intermittierende Quelle ist, die, sobald längere Zeit Trockenheit herrscht, versiegt. Da sie auch ziemlich hoch am Berge zutage tritt, ist zu vermuten, daß ihr Wasser nur aus den obersten Schichten stammt. Diese sind ja meist auch die an Emanation ärmsten.

Zugleich hat sie dann nur einen relativ kurzen Quellenweg, und dementsprechend wenig Gelegenheit, Emanation aufzunehmen. Die Quelle beim ehemaligen Felsenkeller hingegen, läuft unabhängig von Niederschlägen. Sie ließ sogar in dem außerordentlich trockenen Sommer 1911 nicht nach. Dies spricht dafür, daß sie von einem größeren Einzugsgebiet gespeist wird. Auch die anfangs erwähnte Eigentümlichkeit verwitterter Gesteine, in verschiedenen Anteilen derselben Schicht ganz verschiedene Grade der Aktivität aufzuweisen, die teils höher, teils wesentlich niedriger sein kann als die Aktivität des Ausgangsmaterials, kann den Unterschied im Emanationsgehalt beider Quellen bedingen.

Wasser Nr. 3.

Dies ist das Wasser des Schloßbrunnens, das aus einer Quelle am Helmling stammt, einer kleinen Schlucht östlich des Schwärzlocherwaldes. Ihr Emanationsgehalt beträgt 7,657 M.E. Auch diese Quelle entspringt aus Stubensandstein.

Wasser Nr. 4.

Dies Wasser hat eine Aktivität von 6,713 M.E. Die Quelle entspringt am Südabhang des Österbergs, ungefähr 1½ km weiter talabwärts als die Quelle am ehemaligen Felsenkeller (Wasser Nr. 2). Die geologischen Schichten sind hier die gleichen, wie bei jener, nämlich Stubensandstein und tonhaltiger Mergel. Obwohl diese Quelle nur wenig von der Felsenkellerquelle entfernt in den ganz gleichen Schichten zutage tritt, so ist ihr Emanationsgehalt doch fast um die Hälfte geringer.

Wasser Nr. 5.

Dieses Wasser hat fast die gleiche Aktivität wie das vorhergehende, nämlich 6,578 M.E. Die Quelle entspringt an der Haußerstraße und speist die beiden Brunnen in den Höfen des Chemischen und des Hygienischen Institutes. Hier habe ich das Wasser am Brunnen und in der Brunnenstube untersucht. Praktisch besteht kein Unterschied zwischen den beiden Resultaten. Das Ergebnis von 6,5 M.E. ist etwas überraschend, da die gleiche Quelle vor zwei Jahren einen Emanationsgehalt von über 9,0 M.E. aufwies. Der Wasserreichtum der Quelle hat nach Angabe des Brunnenmeisters seit einiger Zeit nachgelassen. Solche Schwankungen in der Ergiebigkeit einer Quelle, die wohl in erster Linie von Regen- oder Trockenperioden abhängen, ferner Unterschiede in der Speisung einer zusammengesetzten Quelle, deren Wasser sich aus emanatorisch ungleichwertigen Gesteinen sammelt, können die Aktivität der Quelle erheblich beeinflussen. Geologisch handelt es sich hier

um die gleichen Schichten, wie bei den ersten drei Quellen des Wassers Nr. 1, die wenig oberhalb dieser Quelle entspringen. Auch hier weisen relativ nahe beieinander und in der gleichen Schicht zutage tretende Quellen einen ziemlichen Unterschied in ihrer Aktivität auf.

Wasser Nr. 6.

Dieses Wasser hat einen Emanationsgehalt von 5,684 M.E. Die Quelle befindet sich in den Gärtnereien an der Herrenberger Straße. Der von ihr gespeiste Brunnen ist ganz in der Nähe am sog. Hasenbühl, am Ende der Stöcklestraße. Die geologischen Schichten des Austrittsgebietes dieser Quelle sind Kiesel und Schilfsandstein. Das ist immerhin etwas überraschend, da dieser Brunnen, der schon im Volksmund der Kropfbrunnen heißt, einen außergewöhnlich hohen Gehalt an CaO und CO_3 hat. Es muß angenommen werden, daß das Wasser aus Kalk- und Gipsschichten stammt, sich dort mit den entsprechenden Salzen belädt und dann erst die Sandsteinschichten passiert, in denen es zutage tritt. Dieser Brunnen ist hier — seit alters her — im Volk als der Kropfbrunnen bekannt, ob auf Grund von objektiven Beobachtungen, daß Leute, die dies Wasser regelmäßig als Trinkwasser benützten, wirklich Kröpfe bekamen, ist unbekannt. Wahrscheinlich drückt diese Bezeichnung nur den besonders hohen Härtegrad dieses Wassers aus.

Wasser Nr. 7.

Dies ist das Wasser des Brunnens an der Haaggasse. Die zugehörige Quelle ist ziemlich weit entfernt, in der sogenannten Stelleklinge, der Schlucht hinter dem Steinenberg, zwischen diesem und der Rosenau. Der Emanationsgehalt beträgt nur 3,119 M.E. Auch dieses Wasser tritt im Bundsandstein zutage.

Wasser Nr. 8.

Als letztes Wasser ist noch das Leitungswasser zu erwähnen. Es ist Grundwasser, das auf der rechten Talseite des Neckars, unterhalb des Güterbahnhofes, in der sogenannten Aue gewonnen wird. Sein Emanationsgehalt ist, wie nicht anders zu erwarten, gering, nämlich 1,612 M.E. Dieses Wasser fließt unterirdisch das Neckartal hinunter und erhält Zufluß von den jeweiligen Hängen des Tals. Diese Art der Bildung macht es unmöglich, seine Herkunft zu bestimmen, da es sich natürlich aus Wässern zusammensetzt, die den verschiedensten Schichten entstammen.

Bei den Tübinger Quellen handelt es sich um lauter harte Wässer, deren Härte hervorgerufen wird durch den reichen Kalk- und Magnesiumgehalt seines Herkunftsgebietes. Der CaO-Gehalt schwankt von 95,0 bis 635,0 mg im Liter Wasser, der MgO-Gehalt

von 92,23 bis 142,12, die Schwefelsäure und damit der Gipsgehalt schwankt besonders erheblich und zwar von 12,0 bis 832,56.

Ich schließe hier die chemische Analyse sämtlicher oben erwähnter Wässer an: Es sind hier 9 Wässer, da ich das des Konviktbrunnens und das seiner einen Quelle (Käspersloch) getrennt untersucht habe. Das Wasser dieser Quelle habe ich mit 1a bezeichnet.

Chemische Analyse:

Nr. der Probe:	1	1a	2	3	4	5	6	7	8
Aussehen:	klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar	klar
Bodensatz:	keiner	—	—	—	—	—	—	—	—
Abdampfrückstand:	577,0	500,0	725,0	478,0	537,0	540,0	21,0	561,0	564,0
Chlor-	15,0	14,0	38,0	11,0	26,0	26,0	28,0	18,0	19,0
(Kochsalz):	(24,72)	(23,08)	(62,64)	(18,31)	(42,86)	(42,86)	(46,16)	(29,67)	(31,32)
Ammoniak:	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salpetrige Säure:	0	0	0	0	0	0	+	0	0
Salpetersäure:	0	0	+	0	0	schwach +	0	0	schwach +
Calciumoxyd (CaO):	112,0	100,5	115,0	112,0	95,0	110,0	635,0	110,0	191,5
Magnesiumoxyd (MgO):	97,40	112,61	142,12	92,33	126,91	107,72	120,76	121,84	34,03
Schwefelsäure (SO_3):	56,06	17,31	42,34	12,00	21,60	30,34	832,56	23,31	105,27
Sauerstoffverbrauch:	0,5	0,8	0,8	0,7	0,72	0,6	0,92	0,92	0,7
Deutsche Härtegrade;	24,83	25,81	31,39	24,12	27,46	26,08	80,40	28,05	23,91

Die Radioaktivität unserer Tübinger Quellen ist teilweise gleich, teilweise sogar größer als die bekannter Heilquellen, deren Emanationsgehalt zu therapeutischen Zwecken verwendet wird. So weist die aktivste Quelle Wildbads 10,0 M.E. auf, also gleich viel wie die Tübinger Quelle am ehemaligen Felsenkeller. Dabei ist allerdings zu beachten, daß die Widbader Quellen mit einer Temperatur von 35,8 bis 37,9° C zutage treten, und daß der Absorptionskoeffizient für Radium-Emanation mit steigender Temperatur abnimmt. Er beträgt für 10° 0,34, für 40° hingegen nur noch 0,16. Die Absorptionskraft des Wildbader Wassers ist also nur etwa halb so groß als die des Tübinger Wassers. Daraus ergibt sich, daß der Emanationsgehalt des Wildbader Gesteins ungefähr doppelt so hoch ist,

wie der des Tübinger. Die Luft im Wildbader Emanatorium wird mit Hilfe künstlich erzeugter Emanation angereichert und zwar bis 4 M.E. pro Liter.

In den Badeorten wird die Radioaktivität in Form von Bädern, Trinkkuren, Inhalationen und Packungen mit aktivem Quellschlamm angewandt. Das Wasser der Mehrzahl unserer Heilbäder hat einen zu geringen Emanationsgehalt, als daß dieser wirksam wäre. Dieser Mangel an Wirksamkeit wird von den meisten Badeverwaltungen dadurch ausgeglichen, daß sie ihre Wässer oder zumindest ihre Emanationen mit künstlich erzeugter Emanation anreichern. Die praktische Auswertung der Tübinger Quelle am ehemaligen Felsenkeller für unsere Kliniken kommt nicht in Betracht. Der an sich schon zu geringe Emanationsgehalt würde durch die Erwärmung auf Badetemperatur noch um zirka die Hälfte absinken, ganz abgesehen davon, daß die Ergiebigkeit dieser Quelle zu gering ist, um eine größere Badeeinrichtung versorgen zu können.

Die einzigen eigentlichen radioaktiven Bäder sind: Oberschlema mit 5500 M.E., Brambach mit 2270 M.E. und Joachimstal mit 600 M.E. Bei diesem letzteren befinden sich die Gruben, in denen Uranpechblende gewonnen wird, das Ausgangsprodukt für die Radiumgewinnung. Das Grubenwasser des Hauptstollens wird für die Bäder verwendet und hat einen Emanationsgehalt von 2884 M.E., der jedoch nach Durchfließen der Reservoire und Leitungen auf 600 M.E. absinkt. In diesen 3 Bädern kann das Wasser ohne Anreicherung zu wirksamen Trink- und Badekuren verwendet werden.

Die Emanation wird vom Körper hauptsächlich durch die Lunge und den Magen-Darmtraktus aufgenommen, in minimalen und praktisch bedeutungslosen Mengen auch durch die Haut. Auch beim Baden kommt vor allem die Inhalation in Betracht. Während des Aufenthaltes im Emanatorium kann der Emanationsgehalt im Blut nachgewiesen werden, und zwar beträgt der Gehalt an Emanation im Liter Blut zirka $^1/_3$ der in 1 Liter der umgebenden Luft vorhandenen Emanationsmenge. Nach Verlassen des Emanatoriums sinkt der Emanationsspiegel im Blut schnell wieder auf 0.

Falta, Lazarus, Gudzent, His, Aschoff etc. berichten über gute Heilerfolge mit radioaktivem Wasser, besonders bei Gicht und Gelenkerkrankungen, andere hingegen bestreiten wieder jede spezifische Heilwirkung. Vor allem wird der Einwand erhoben, daß die Mengen, die auf diese Weise in den Körper gelangen, zu gering seien, um eine Wirkung ausüben zu können, ein Einwand, der allerdings für Homöopathen nicht in Betracht kommt. Bei den Badekuren sind so viele verschiedene Faktoren wirksam, wie der Anreiz des täglichen warmen Bades, die an-

schließende Ruhe, die nebenbei häufig verordnete Diät, die mit der Kur verbundene Bewegung in frischer Luft, die Entfernung aus dem häuslichen und geschäftlichen Milieu, so daß sich der Anteil der Radioaktivität am Erfolg nicht so leicht feststellen läßt.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. W o l f für die gütige Überlassung des Themas, sowie des zur Verfügung gestellten Apparates aus dem Hygienischen Institut Tübingen und für die freundliche Unterstützung und Beratung während der Arbeit herzlich zu danken.

Literatur-Verzeichnis.

Aschoff: Die Radioaktivität der deutschen Heilquellen und ihr Anteil an deren Therapeutischer Wirkung, München 1925.

Deutsches Bäderbuch, bearbeitet von K. G. Amt, Leipzig 1907.

Kayer, E.: Lehrbuch der Geologie.

Ambron, Rich.: Methoden der angewandten Geophysik.

Schmidhuber, Eugen: Beitrag zur Kenntnis radioaktiver Erscheinungen im kristallinen Grundgebirge des Schwarzwaldes. Sonderabdruck aus den Jahresberichten und Mitteilungen des oberrheinischen Geolog. Vereins.

Gudzent, A.: Grundriß zum Studium der Radiotherapie.

Falta, W.: Behandlung innerer Krankheiten mit radioaktiven Substanzen.

Lebenslauf.

Ich bin am 5. September 1894 in Newyork geboren, 1899 übersiedelten meine Eltern nach Zürich, wo ich 9 Jahre die Volksschule und 3 Jahre die Handelsschule besuchte, die ich mit Diplom abschloß. Darauf verbrachte ich 1 Jahr in der französischen Schweiz und war dann 2 Jahre in Stellung als Sekretärin. Da mir dieser Beruf nicht zusagte, machte ich 1919 das Abitur und studierte Medizin. Ich studierte in Zürich, Leipzig, Greifswald, Tübingen und München. Das Physikum habe ich in Leipzig und das Staatsexamen in München gemacht. Das praktische Jahr verbrachte ich im Bezirkskrankenhause Leonberg und die letzten drei Monate in der Nervenklinik zu Tübingen.